
USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA DETECÇÃO DE PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

Ricardo Guimarães Andrade¹, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues², Ieda Del'Arco Sanches³, Fábio Enrique Torresan⁴, Carlos Fernando Quartaroli⁵

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens em três microbacias localizadas no município de Guararapes, SP. Para o estudo, utilizou-se uma imagem do satélite Landsat 5 – TM do dia 02/02/10 e dados georreferenciados das condições das pastagens coletados entre os dias 26 e 29/01/10. Os resultados mostram variação do índice de área foliar (IAF) em função da condição da pastagem e do parâmetro L utilizado na equação do índice de vegetação SAVI. A metodologia de avaliação da cobertura vegetal da pastagem (CVP) e de obtenção de indicadores de degradação de pastagem (IDP) mostrou-se satisfatória para diferenciação de três níveis de degradação. Conforme o IDP, as pastagens das microbacias foram classificadas como levemente degradadas. No entanto, estudos futuros são necessários para obtenção de série temporal do IDP para possível detecção de tendências positivas ou negativas no processo de degradação das pastagens.

Palavras-chave: cobertura vegetal, indicadores ambientais, pastagens degradadas, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

USE OF REMOTE SENSING TECHNIQUES IN THE DETECTION OF PASTURE DEGRADATION PROCESSES

This work aimed at applying remote sensing techniques in the detection of pasture degradation processes in three basins at the municipality of Guararapes, São Paulo, Brazil. A Landsat 5 - TM satellite image of the study area from February 2nd, 2010 was used, along with georeferenced data on pasture conditions collected between January 26th and 29th, 2012. The results show variation in leaf area index (LAI) as a function of the pasture condition and the L parameter used in the SAVI equation. The methodology used for the assessment of pasture vegetation cover and to obtain the grassland degradation index (GDI) produced satisfactory results for the differentiation of three degradation levels. Based on the GDI, the pastures at the basin were classified as lightly degraded. Nevertheless, future studies are necessary to obtain a GDI temporal series to be used for the detection of positive or negative tendencies in the pasture degradation process.

Keywords: vegetation cover, environmental indicators, degraded pastures, remote sensing.

Recebido para publicação em 29/05/2012. Aprovado em 21/03/2013.

1 - Engenheiro Agrícola, Doutor, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, ricardo.andrade@embrapa.br

2 - Zootecnista, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, cristina.rodrigues@embrapa.br

3 - Engenheira Agrônoma, Doutora, Bolsista de Pós-Doutorado, Unicamp/Campinas-SP, iedasanches@gmail.com

4 - Ecólogo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, fabio.torresan@embrapa.br

5 - Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, carlos.quartaroli@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades mais importantes da agropecuária brasileira. Ela gera milhares de empregos diretos e indiretos e tem uma participação significativa no produto interno bruto (PIB). Esta atividade tem se destacado principalmente devido à criação em sistema extensivo, o que possibilita baixo custo de produção e coloca o país como um grande fornecedor mundial de carne bovina (ANDRADE *et al.*, 2009). No entanto, as questões inerentes à degradação de pastagens têm sido um dos desafios para se produzir carne bovina aliando a sustentabilidade econômica e ambiental.

O uso sustentável das áreas sob pastagens é uma questão de alta relevância, haja vista que, uma boa parte das pastagens cultivadas no Brasil encontra-se com algum nível de degradação (PERON; EVANGELISTA, 2004; ABDON *et al.*, 2009; ANDRADE *et al.*, 2011). Kichel *et al.* (2012) afirmaram que uma pastagem degradada pode apresentar menos de 50% de seu potencial produtivo em relação às condições edafoclimáticas do local onde foi implantada e da espécie ou cultivar da forrageira utilizada. Além disso, ao considerar as fases de recria e engorda de bovinos de corte, os autores relataram que, sob uma pastagem degradada, a produtividade animal gira em torno de 3 arrobas $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, enquanto numa pastagem em bom estado pode-se atingir em média 16 arrobas $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Santos *et al.* (2007) estimaram biomassa de 1,28 t ha^{-1} (parte acima do solo) por meio de estudo realizado no período chuvoso em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com nove anos em nível moderado de degradação e submetida ao contínuo pastejo com bovinos de corte. Oliveira *et al.* (2005) observaram resposta em produção de forragem da ordem de 7,4 t $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ no primeiro ano e de 15,7 t $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ no segundo ano ao efetuar adubação com nitrogênio (N) e enxofre (S) para recuperação do potencial produtivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Nesse contexto, entre os principais fatores responsáveis pela degradação das pastagens destacam-se: a escolha de espécie forrageira inadequada, a não reposição de nutrientes perdidos durante o período de pastejo e o manejo incorreto das pastagens, principalmente por conta

do número excessivo de animais em relação à quantidade de forragem existente (BORGHI *et al.*, 2006; GIMENES *et al.*, 2009). Conforme Barcellos (1990), a degradação das pastagens, em seus estágios mais avançados, caracteriza-se pela modificação na dinâmica da comunidade vegetal, na qual as espécies desejáveis (forrageiras) cedem lugar a outras, de menor ou quase nenhum valor forrageiro, e pelo declínio na produtividade de forragem, com reflexos na produção animal.

De forma geral, são várias as dificuldades para a implementação de políticas públicas que visem à recuperação de pastagens degradadas. Entre essas dificuldades destaca-se a falta de informações atualizadas e detalhadas sobre a distribuição espacial das pastagens degradadas no país (SANO *et al.*, 2000). Essa carência pode ser suprida por meio de mapeamentos baseados na interpretação de imagens obtidas por sensores remotos (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Os sensores atualmente disponíveis permitem a aquisição de imagens com repetitividade e escalas compatíveis com a finalidade do estudo.

Para Batistella *et al.* (2011) as técnicas de sensoriamento remoto têm sido fundamentais por fornecerem informações relevantes para a avaliação das condições da vegetação. Inúmeras informações podem ser extraídas a partir da análise de bandas espectrais. Bolfe *et al.* (2011) comentam que é possível identificar, quantificar e monitorar a produtividade das pastagens. Além disso, dados de sensoriamento remoto podem ser úteis na discriminação de pastagens com diferentes níveis de degradação, por meio da análise do comportamento espectral dos alvos de interesse (GAO *et al.*, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2006; ABDON *et al.*, 2009; ANDRADE *et al.*, 2011).

Diante do exposto, este trabalho objetivou aplicar técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens nas microbacias de Córrego Frutal, Córrego Barra Grande e Córrego Nove de Abril, localizadas no município de Guararapes, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange três microbacias (Córregos: Frutal, Barra Grande e Nove de Abril) localizadas no município de Guararapes, SP (Figura 1). Nas microbacias (Figura 1), foram coletados

dados amostrais de índice de área foliar (IAF) com o uso do equipamento LAI-2000 (LI-COR, 1992) entre os dias 26 e 29 de janeiro de 2010. Os dados de IAF foram coletados em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* (Syn. *Urochloa brizantha*) sob quatro níveis de degradação conforme classificação adaptada de Nascimento Júnior *et al.* (1994) que une principalmente o potencial de produção da forragem na pastagem e o grau de infestação por invasoras.

O nível 1 (N1) representou a pastagem sem degradação (acima de 75% do potencial de produção da forragem, relação folha/colmo maior que 1 e área sem sinal de erosão); no nível 2 (N2) foi considerada a pastagem com potencial de produção da forragem entre 50 e 75%, relação folha/colmo aproximadamente igual a 1 e com poucas invasoras; a pastagem no nível 3 (N3) possuía entre 25 e 50% do potencial de produção

da forragem, presença de invasoras, relação folha/colmo menor que 1 e sinais de erosão laminar; já a pastagem considerada no nível 4 (N4) apresentava-se com potencial de produção de forragem inferiores a 25%, erosão laminar e expressiva presença de invasoras herbáceas ou arbustivas.

Primeiramente, para mapear as pastagens da área de estudo foi utilizada uma imagem do dia 20/05/10 proveniente do sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), a bordo do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) que possui resolução espacial de 10 metros, e que auxiliou na identificação dos alvos de interesse. Nessa cena, as áreas de pastagens foram identificadas por meio da seleção de amostras com padrões homogêneos quanto à forma, textura e cor. Com auxílio de um GPS, foram realizadas idas a campo para verificar os padrões da imagem com o observado em cada ponto visitado.

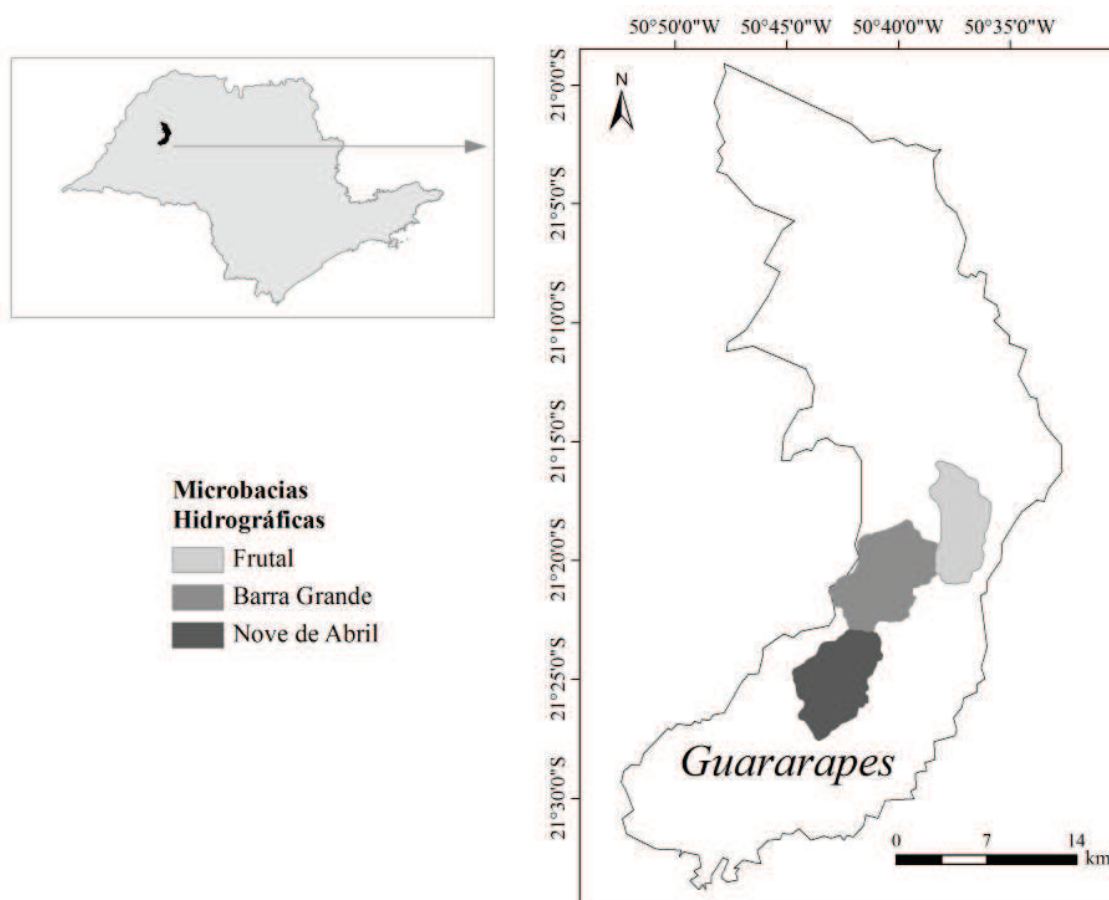


Figura 1. Localização das microbacias (Córregos: Frutal, Barra Grande e Nove de Abril), município de Guararapes, SP.

Em seguida, para detecção de processos de degradação nas áreas de pastagens mapeadas, utilizou-se de uma imagem do sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat-5 (de 30 metros de resolução espacial) do dia 02/02/2010 (data mais próxima das coletas amostrais de campo). A imagem foi obtida gratuitamente do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Essa imagem passou pela fase de pré-processamento, que consistiu em: (i) registro da imagem com base no mosaico GeoCover 2000 da NASA (disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>); (ii) correção atmosférica das bandas espectrais da imagem pelo método DOS (*Dark Object Subtraction*) de Chavez (1988, 1989); (iii) conversão dos números digitais das bandas do vermelho (V) e do infravermelho próximo (IVP) em valores de reflectância de superfície.

Após o pré-processamento, utilizaram-se as bandas de reflectância na obtenção do IAF (dado em m² folhas/m² solo), da cobertura vegetal da pastagem (CVP, em %) e do índice de degradação da pastagem (IDP). Para a estimativa do IAF empregou-se a equação empírica sugerida por Allen *et al.* (2002):

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{(0,91)} \quad (1)$$

em que

SAVI = índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (*Soil Adjusted Vegetation Index*), conforme Huete (1988):

$$SAVI = \frac{(1 + L)(IVP - V)}{(L + IVP + V)} \quad (2)$$

A fundamentação do índice SAVI e de muitos outros índices de vegetação baseia-se no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas bandas do V e do IVP. Em princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal em uma determinada área, menor será a reflectância na banda V, devido a maior oferta de pigmentos fotossintetizantes que absorvem a radiação solar (PONZANI; SHIMABUKURO, 2009). Por outro lado, maior será a reflectância na banda do IVP, oriunda do processo de espalhamento intra e interfoliar, que depende tanto da quantidade de folhas existentes, quanto de sua distribuição e arranjo no dossel (PONZANI, 2001). Já o fator de

ajuste (L) do índice SAVI é variável com o grau de fechamento do dossel (variável de 0 a 1), o que permite uma melhora na interpretação das variáveis da vegetação. Neste estudo foi feita uma análise de resposta dos índices obtidos em função da variação do valor de L. Foram testados os valores de L igual a 0,10; 0,25; 0,50 e 0,75.

Para estimativa do CVP e do IDP, primeiramente calculou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para cada pixel da imagem, conforme equação (ROUSE *et al.*, 1973):

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (3)$$

Em seguida, os valores de NDVI foram utilizados na obtenção do CVP da área correspondente a cada pixel da imagem (GAO *et al.*, 2006):

$$CVP = \frac{(NDVI - NDVI_s)}{(NDVI_v - NDVI_s)} \times 100\% \quad (4)$$

em que

$NDVI_s$ = menor valor de NDVI encontrado entre os pixels representativos de áreas com solo exposto; e $NDVI_v$ = maior valor de NDVI encontrado entre os pixels da área de pastagem.

Quatro classes de nível de degradação de pastagem foram definidas com base no CVP: (1) pastagem não-degradada (CVP > 60%), (2) pastagem levemente degradada (CVP entre 50 e 60%), (3) pastagem moderadamente degradada (CVP entre 40 e 50%) e (4) pastagem fortemente degradada (CVP < 40%). Essas classes foram utilizadas como parâmetros de entrada na Equação 5 para o cálculo do IDP, adaptado de Gao *et al.* (2006):

$$IDP = \frac{\sum_{i=1}^4 D_i \times A_i}{A} \quad (5)$$

em que

D_i = número da classe de degradação (1 a 4), A_i é a área de distribuição do nível de classificação i , e A é a área total de pastagens da área de estudo. O IDP foi calculado para cada uma das três microbacias que compõe a área de estudo e também para área total. A condição de degradação da pastagem referente ao IDP é descrita no Quadro 1.

Quadro 1. Avaliação do estado da cobertura vegetal por meio do estabelecimento de índices de degradação da pastagem (IDP) distribuído em quatro categorias para a região do município de Guararapes, SP

IDP	Categoria de degradação da pastagem
$IDP \leq 1$	Não-degradada
$1 < IDP \leq 2$	Levemente degradada
$2 < IDP \leq 3$	Moderadamente degradada
$IDP > 3$	Fortemente degradada

Fonte: Adaptado de Gao *et al.* (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos da Figura 2, nota-se que os valores de IAF estimado por meio da equação empírica sugerida por Allen *et al.* (2002) variaram de acordo com os níveis de degradação e com o valor de L utilizado para estimativa do SAVI. Na Figura 3 mostram-se os dados médios da altura da pastagem e do IAF medido e estimado com a utilização da imagem Landsat 5 – TM com variação dos valores de L da equação do SAVI para cada nível de condição das pastagens. Para a condição de pastagem boa (N1) na qual a vegetação apresentava-se com altura média de 33,3 cm e média de IAF da ordem de $4,21 \pm 0,54 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. O IAF estimado ($3,95 \pm 0,69 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) foi próximo do observado quando se utilizou L igual a 0,1. Vale ressaltar que a imagem Landsat 5 – TM utilizada, não coincidiu exatamente com o dia do levantamento de informações das pastagens, mas ficou muito próxima.

As medições de IAF foram efetuadas entre os dias 26 e 29 de janeiro de 2010 e utilizou-se de imagem do dia 02 de fevereiro de 2010. De forma geral, nesse período, o solo encontrava-se com boa disponibilidade de água e a vegetação pode apresentar-se com melhor vigor em relação à média durante o ano. Em estudo realizado com pastagens de *Urochloa brizantha*, Roberts *et al.* (1996) obtiveram valor de IAF da ordem de $3,90 \pm 1,02 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, para o mês de abril de 1993 (considerado chuvoso). Carruzo e Rocha (2001) encontraram, para o período chuvoso (janeiro e fevereiro de 1999), valor de IAF médio de $2,63 \pm 0,77 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

Para a pastagem na condição N2 verifica-se

que o valor médio de IAF medido ficou próximo daqueles estimados com o uso de L igual a 0,25, 0,50 e 0,75. Na condição N2 a vegetação estava com altura média de 13,8 cm e as plantas se mostravam com baixa quantidade de matéria morta e/ou seca. Ao analisar a condição N3 observa-se que a média do IAF medido foi de $2,48 \pm 0,42 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e que em média os valores de IAF estimados com o uso de L igual a 0,25, 0,50 e 0,75 foram próximos ao observado, registrando valores da ordem de $2,59 \pm 0,32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, $2,18 \pm 0,25 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e $1,98 \pm 0,22 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, respectivamente. Ao realizar medidas mensais em pastagens de *Urochloa brizantha*, na Fazenda Nossa Senhora (FNS), e em Rolim de Moura (RDM), Rondônia, entre fevereiro de 1999 e janeiro de 2005, Zanchi *et al.* (2009) encontraram IAF médio de $2,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Porém, os autores observaram IAF médio anual variando de $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em 2000 a $2,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em 2003.

Na condição N3, a vegetação estava em média com 31,4 cm de altura e existia boa quantidade de matéria morta e/ou seca e presença de plantas invasoras (ciperáceas). Além disso, em alguns pontos sob condições de solo mais seco e compactado a *Urochloa brizantha* se apresentava em touceiras esparsas.

Para a condição N4 (alta degradação), o valor médio de IAF medido foi de $1,20 \pm 0,51 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Esse valor seria esperado para pastagem próxima da condição N1 (sem degradação) no período de seca. Roberts *et al.* (1996), ao analisar o IAF de pastagens de *Urochloa brizantha* no período seco do ano, obtiveram IAF de $1,55 \pm 0,72 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e $1,66 \pm 0,52 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para os meses de agosto e setembro de 1992, respectivamente.

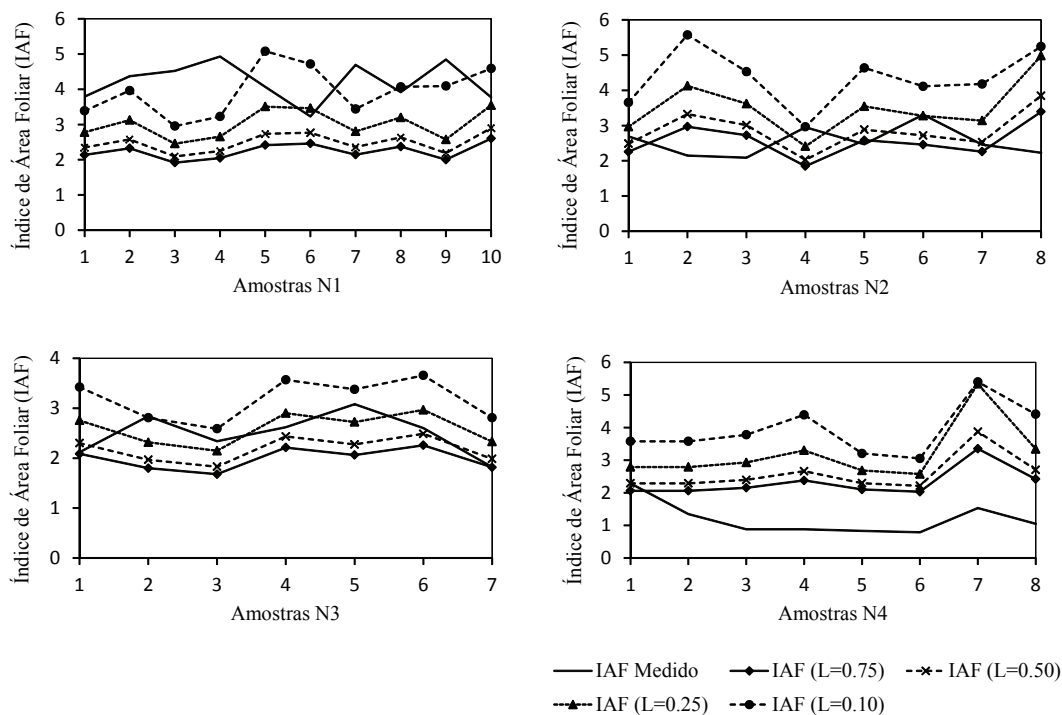


Figura 2. Índice de área foliar medido e estimado em pontos amostrais de pastagens de *Brachiaria brizantha* sob quatro níveis de condições (N1 = pastagem boa, N2 e N3 = pastagem com nível intermediário de degradação, N4 = pastagem com alta degradação) com variação do parâmetro L da equação do SAVI (HUETE, 1988).

O valor de IAF medido na condição N4 ficou abaixo do valor estimado com a utilização de imagem Landsat 5 – TM. Entre os valores médios de IAF estimado, a situação na qual considerou L igual 0,75 foi a que gerou o menor valor de IAF ($2,31 \pm 0,44 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). No entanto, este valor foi praticamente o dobro daquele medido no campo. No caso de N4, havia pontos na pastagem em que o solo estava encharcado e tinha muitas invasoras, principalmente ciperáceas.

Nas áreas de solo mais seco destacavam-se a presença não apenas de plantas invasoras do tipo ciperáceas e *Paspalum notatum* (gramão), mas também de cupinzeiros e pontos de erosão laminar e formação de ravinas. Em média, para condição N4, a pastagem apresentava-se com altura média de 6,1 cm. No entanto, a presença de plantas invasoras pode ter sido um dos fatores que contribuiu para aumento dos valores de IAF estimado, haja vista que cada pixel Landsat 5 – TM possui em média 30 m de resolução espacial e toda vegetação presente nesta área (30 x 30 m) é utilizada na estimativa do IAF.

Ponzoni e Rezende (2002) avaliaram a influência da resolução espacial de imagens

orbitais na identificação de elementos da paisagem e concluíram que a diminuição da resolução espacial contribuiu para o aumento da confusão na identificação dos temas de interesse.

Na Figura 4a apresenta-se a espacialização das pastagens por nível de degradação. Os resultados obtidos com o cálculo do CVP indicam que 26% das pastagens da área de estudo (11,87 km²) encontram-se degradadas; sendo que 21%, 4% e 1% das pastagens estão levemente, moderadamente e fortemente degradadas, respectivamente (Figura 4b). Ao comparar áreas de pastagens degradadas entre microbacias (Figuras 4c, 4d e 4e), nota-se que a microbacia do Córrego Barra Grande foi a que apresentou maior área de pastagem degradada (5,71 km² ≈ 30%) em relação a sua área total de pastagens (Figura 4c). A microbacia Córrego Frutal é a que possui a maior área de pastagens não degradadas (13,44 km² ≈ 80%) em relação a sua área total de pastagens. Com base no IDP, as pastagens foram classificadas como levemente degradadas (Figura 4f), tanto para a análise feita individualmente por microbacia quanto para as microbacias em conjunto.

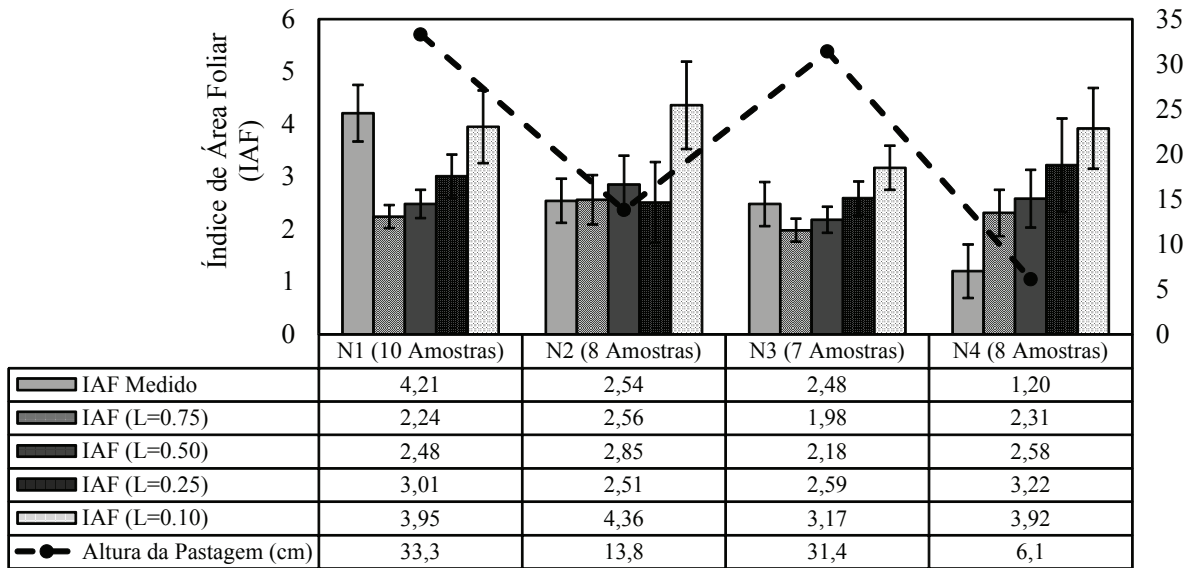


Figura 3. Dados médios da altura da pastagem e do índice de área foliar medido (IAF Medido) e estimado com a utilização de imagem Landsat 5 – TM para quatro níveis de condições das pastagens (N1 = pastagem boa, N2 e N3 = pastagem com nível intermediário de degradação, N4 = pastagem com alta degradação).

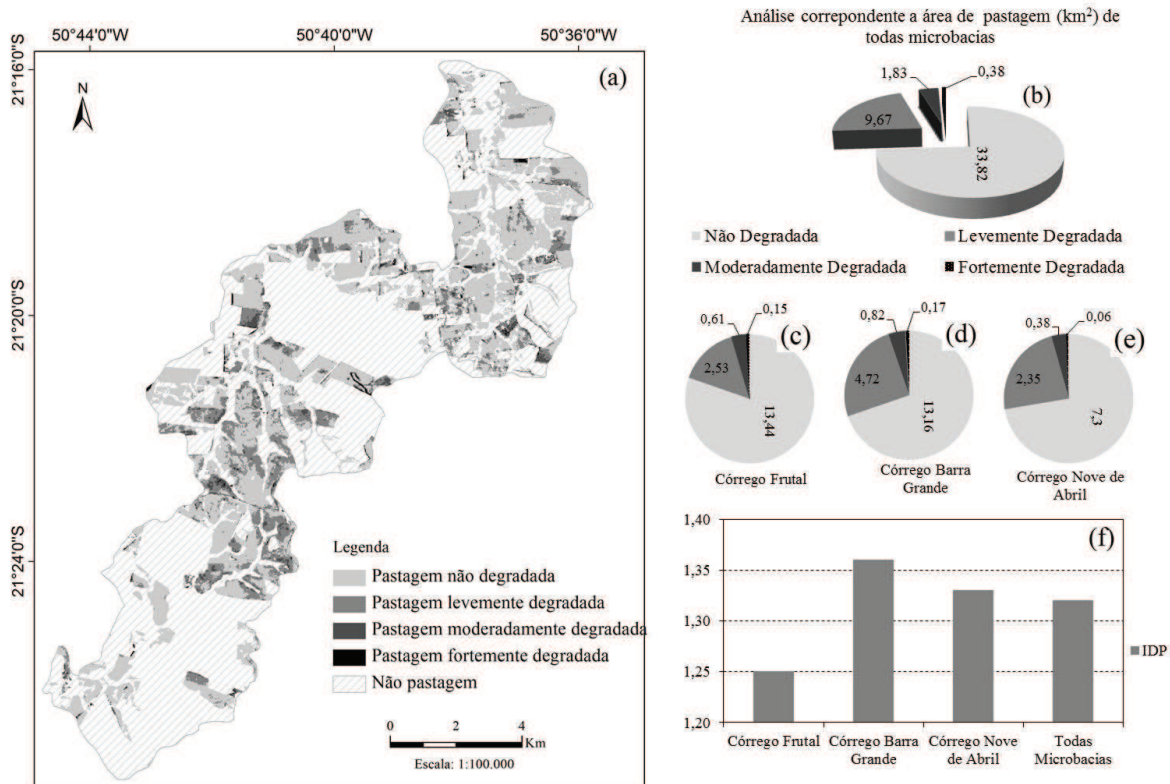


Figura 4. (a) Classes de degradação das pastagens que abrangem três microbacias (Córrego Frutal; Córrego Barra Grande e Córrego Nove de Abril); áreas de pastagens por classe de degradação para: (b) todas microbacias analisadas, (c) Córrego Frutal, (d) Córrego Barra Grande (e) Córrego Nove de Abril; (f) índice de degradação de pastagem (IDP) para as microbacias analisadas.

Ao confrontar o mapa de níveis de degradação (Figura 4a) com dados obtidos em trabalho de campo, verifica-se que as áreas classificadas como pastagem fortemente degradada correspondem às áreas que apresentam solo exposto. De forma geral, os resultados obtidos neste estudo são coerentes com a verdade de campo. No entanto, algumas áreas identificadas no campo como pastagens de degradação moderada foram erroneamente classificadas como sendo de degradação leve. Essa não definição exata por meio da classificação pode estar relacionada à infestação por plantas invasoras, haja vista que essas plantas foram um dos fatores levados em consideração nos levantamentos da condição da pastagem em campo. Neste caso, o CVP parece indicado para se analisar a pastagem quantitativamente, mas é limitado na análise qualitativa. Não obstante, a metodologia aplicada neste estudo mostrou-se eficiente na identificação das áreas mais críticas de degradação de pastagens, as quais têm mais urgência de serem recuperadas.

CONCLUSÕES

Ao utilizar técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens pode-se concluir que:

- O índice de área foliar (IAF) variou em função da condição da pastagem e do parâmetro L utilizado.
- O método utilizado se mostrou com potencial para diferenciação de três níveis de degradação, ou seja, não degradado, fortemente degradado e uma classe intermediária que inclui as classes levemente e moderadamente degradadas.
- Ao analisar o IDP, conclui-se que as microbacias se enquadram na classificação de pastagem levemente degradada. Em estudos posteriores, sugere-se a realização de análise temporal de IDP, para detectar tendências positivas ou negativas no processo de degradação das pastagens.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio à pesquisa (processo 577174/2008-8).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDON, M.M.; LUCIANO, A.C.S.; SILVA, J.S.V.; OLIVEIRA, M.S. Classificação de pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS. **Geografia**, Rio Claro, v.34, número especial, p.709-720, 2009.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) - Advanced Training and Users Manual - **Idaho Implementation**, version 1.0, 2002, 98p.

ANDRADE, R.G.; BATISTELLA, M.; VICTORIA, D.C.; BARBOSA, R.A.; PAZ, A.R. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da evapotranspiração de pastagens**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. 44p. (Documentos, 75).

ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F.; GARCON, E.A.M.; SILVA, G.B.S.; LOEBMANN, D.G.S.W.; VICENTE, L.E.; VICTORIA, D.C. **Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19). Disponível em: <http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/bpd_20_2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BARCELLOS, A. de O. Recuperação de pastagens degradadas. **Curso de formação e manejo de pastagens**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. s.n.t. (EMBRAPA-CPAC, Série Treinamento).

BATISTELLA, M.; ANDRADE, R.G.; BOLFE, É.L.; VICTORIA, D.C.; SILVA, G.B.S. Geotecnologias e gestão territorial da bovinocultura no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, supl. especial, p.251-260, 2011.

BOLFE, É.L.; ANDRADE, R.G.; VICENTE, L.E.; BATISTELLA, M.; GREGO, C.R.; VICTORIA, D.C. **Uso de geotecnologias no monitoramento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: BUNGENSTAB, D.J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. cap.7, p.73-80.

- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.; MATEUS, G.P. Produtividade e qualidade das forragens de milho e de *Brachiaria brizantha* em sistema de cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.369-381, 2006.
- CARRUZO, A.; ROCHA, H.R. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o experimento AMC/LBA-1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2001. p.2478-2485.
- CHAVEZ Jr., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.24, p.459-479, 1988.
- CHAVEZ Jr., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.55, p.1285-1294, 1989.
- GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in northern Tibet base on remote sensing data. **J. Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173, 2006.
- GIMENES, M.J.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; PRADO, E.P.; CHRISTOVAM, R.S.; SOUZA, E.F.C. Integração lavoura-pecuária – breve revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.4, n.1, p.52-60, 2009.
- HUETE, A.R. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p.89-105, 1988.
- KICHEL, A.N.; COSTA, J.A.A.; ALMEIDA, R.G. Vantagens da recuperação e renovação de pastagens degradadas com a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária. **Revista Agro & Negócios**, v.11, n.14, p.48-50, 2012.
- LI-COR. **LAI-2000 plant canopy analyser: Instruction manual**. Li-cor Inc. Lincoln: 1992. 182 p.
- NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 11, 1994 **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.107-151.
- NASCIMENTO, M.C.; RIVA, R.D.D.; CHAGAS, C.S.; OLIVEIRA, H.; DIAS, L.E.; FERNANDES FILHO, E.I.; SOARES, V.P. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.196-202, 2006.
- OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.
- PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões do cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.655-661, 2004.
- PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação**. In: MENESES, P.R; MADEIRA NETTO, J.S. (Org.) Sensoriamento Remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, Embrapa Cerrados, 2001. p.157-199.
- PONZONI, F.J.; REZENDE, A.C.P. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, v.26, n.4, 2002.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 136p.
- ROBERTS, J.M.; CABRAL, O.M.R.; da COSTA, J.P.; McWILLIAM, A.L.C.; de SÁ, T.D. An overview of the leaf area index and physiological measurements during ABRACOS. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L. (Ed.). **Amazonian deforestation and climate**. New York: J. Wiley and Sons, 1996. p.287-305.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Symposium of Significant Results Obtained with ERTS-1, 3, 1973. Greenbelt, Maryland. **Proceedings...** Washington: NASA SP-351, 1973. p.309-317.

SANO, E.E.; CHAVES, J.M.; BEZERRA, H.S.; FEITOZA, L. Identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de Sensoriamento Remoto. International Symposium: Soil Functioning under Pastures in Intertropical Areas, 2000, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Cerrados – IRD, 2000. CD-ROM.

SANTOS, R.S.M.; OLIVEIRA, I.P.; MORAIS, R.F.; URQUIAGA, S.C.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.2, p.119-124, 2007.

ZANCHI, F.B.; WATERLOO, M.J.; AGUIAR, L.G.; von RANDOW, C.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F.L.; MANZI, A.O. Estimativa do índice de área foliar (IAF) e biomassa em pastagem no Estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, v.39, n.2, p.335-348, 2009.